

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра приладів і систем орієнтації і навігації**

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Надія БУРАУ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно - інтегровані  
технології та системи навігації і керування»  
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»  
на тему: «Сканер відбитків пальців»**

Виконала:  
студентка IV курсу, групи ПГ-61  
Марія ЄВДОКИМОВА \_\_\_\_\_

Керівник:  
Доцент, к.т.н,  
Олексій ПАВЛОВСЬКИЙ \_\_\_\_\_

Рецензент:  
Доцент, к.т.н,  
Максим МАРКІН \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет \_\_\_\_\_ Приладобудівний \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ приладів і систем орієнтації і навігації \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ПСОН  
\_\_\_\_\_ Н.І. Бурау  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект (роботу) студенту**

Євдокимова Марія Андріївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту \_\_\_\_\_ Сканер відбитків пальців \_\_\_\_\_

керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Павловський О. М., доцент, к. т. н. \_\_\_\_\_,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1180с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.06.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Дактилоскопічний датчик із пам'яттю на не менше ніж 100 відбитків, що може бути використаний для систем автоматизації та контролю доступу.

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Вступ. Огляд існуючих технологій дактилоскопічних датчиків, сучасні моделі сканерів відбитків пальців. Створення системи контролю доступу на основі сканеру відбитків пальців: вибір сканеру відбитків пальців, вибір керуючого контролера, вибір виконавчих елементів. Програмування мікроконтролера. Збирання макету.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) \_\_\_\_\_  
Збіркове креслення (A1), Деталювання (A2), 3D-модель корпусу (A2),  
Схема електрична (A1), Схема принципова (A2) \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів проекту (роботи)\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 18.05.2020 \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз завдання до дипломного проекту	18.05.2020 – 20.05.2020	
2	Огляд існуючих рішень	21.05.2020 – 23.05.2020	
3	Вибір та обґрунтування елементів	24.05.2020 – 28.05.2020	
4	Проектування приладу	29.05.2020 – 02.06.2020	
5	Програмування приладу	03.06.2020 – 04.06.2020	
6	Аналіз працездатності	04.06.2020 - 05.06.2020	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічних документів	06.06.2020 – 07.06.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Євдокимова М.А.  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Павловський О.М.  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

## АНОТАЦІЯ

У ході даного дипломного проекту було зроблено огляд технологій дактилоскопічних датчиків, визначено їх переваги та недоліки і проведено їх порівняння.

Було створено макет системи контролю доступу використовуючи створений корпус з фанери, датчик сканування відбитків пальців, мікроконтролер та електропривод. Для системи розроблено відповідне програмне забезпечення для використання системи. Аргументовано вибір елементів використаних у макеті.

Зроблені відповідні креслення з деталюванням елементів корпусу, розроблена 3D модель, побудовані електричні та принципові схеми системи.

Проведено випробовування працездатності системи для перевірки її ефективності.

Пояснювальна записка складає 65 сторінок та містить 55 рисунків, 5 таблиць.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
						4
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

## ABSTRACT

In the course of the degree, the project made a review of dactyloscopy sensor technologies identified and compared their advantages and disadvantages.

A layout of the access control system created using a plywood case, a fingerprint scanning sensor, a microcontroller, and an electric drive. For using, the system has been developed special software. Selected elements used in the layout justified.

Created detailed drawings of elements, the 3D model is developed, electric and circuit schemes of the system created.

The system tested to check its efficiency and workability.

The explanatory note consists 65 pages and contains 55 figures, 5 tables.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком;

КМОН - комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник;

МК – мікроконтролер;

ОЗП – оперативна пам'ять;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;

ПЗУ – постійний записуючий пристрій.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
						6
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 1. Оглядова частина .....</b>	<b>11</b>
1.1 Відбиток пальця .....	11
1.2 Розпізнавання відбитку пальця.....	11
1.3 Сканер відбитку пальця.....	12
1.4 Типи сканерів відбитку пальця.....	13
1.4.1 Оптичні сканери відбитків пальців.....	14
1.4.2 Напівпровідникові (кремнієві) сканери.....	20
1.4.3 Ультразвукові сканери відбитків пальців .....	24
1.5 Порівняння основних характеристик датчиків .....	26
Висновки до Розділу 1 .....	28
<b>Розділ 2. Створення системи контролю доступу на основі сканеру відбитків пальців .....</b>	<b>29</b>
2.1 Вимоги до системи.....	29
2.2 Принцип роботи та структурна схема приладу .....	29
2.3 Вибір елементів .....	30
2.3.1 Вибір сканеру відбитків пальців .....	30
2.3.2 Вибір керуючого контролера.....	32
2.3.3 Вибір блока живлення .....	35
2.3.4 Вибір електропривода та реле .....	36
2.3.5 Вибір перемикачів .....	40
2.4 Моделювання макету.....	40
2.5 Збірка пристрою .....	46
2.6 Програмування мікроконтролера .....	48
2.7 Програмування Arduino.....	49
2.8 Реалізація запису та пошуку даних .....	49

2.9 Алгоритм роботи із системою контролю доступу на основі сканеру відбитків пальців .....	57
2.10 Перевірка працездатності системи контролю доступу .....	58
<b>Висновки .....</b>	<b>61</b>
<b>Список використаної літератури .....</b>	<b>62</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>64</b>

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		8



## ВСТУП

У сучасному світі, у зв'язку з розвитком техніки та поширеним використанням електронних систем, все більше уваги приділяється питанням безпеки. Такі питання умовно можна розділити на дві групи: захист інформації у мережевому просторі та фізичний захист від несанкціонованого доступу.

Для захисту в сфері онлайн технологій широкого використання набули кодові символні послідовності (паролі), проте, з врахуванням властивостей людської пам'яті, фізично не можливо запам'ятати велику кількість складних та унікальних комбінацій, а занотовування унікальної інформації, зменшує її рівень захищеності.

Схожа ситуація і у сфері фізичного захисту від проникнення сторонніми особами. Не зважаючи на велику кількість складних замикаючих пристроїв, модифікації замків та ключів, алгоритми злому залишаються відносно простими і, нажаль, ефективними. Таким чином, виникла необхідність в використанні більш надійних засобів безпеки. Значного поширення почали набувати біометричні системи захисту, серед яких найбільш поширеним методом ідентифікації людини є дактилоскопія або розпізнавання відбитків пальців за папілярним візерунком, що є унікальним для кожної людини.

Сканери відбитків пальців використовуються у системах захисту на основі біометричних даних. Кожен палець має свій власний відбиток. Відбиток являє собою папілярний малюнок – поєднання виступів (гребнів), що розбиті впадинами. Оскільки палець має певні електричні і термічні характеристики, це дає змогу отримувати зображення папілярного малюнка застосовуючи світло, тепло та електрична властивості, а також використовуючи поєднання усіх вище перелічених характеристик. Відбиток пальця людини незмінний протягом людського життя і при пошкодженні, з часом, відновлюється власна початкова структура. Так як існує незлічена кількість унікальних комбінацій, саме відбитки пальців стали бездоганним засобом ідентифікації.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Ідентифікація людей на базі відбитків пальців існує вже більше 100 років і успішно застосовується в різних сферах людської діяльності. За останні 10 років було створено численні системи для автоматизованого розпізнавання відбитків пальців. Використання таких біометричних сенсорів значно підвищує рівень безпеки, а також спрощує авторизований доступ до інформації або приміщень. Наявність суттєвих переваг даного методу призводить до того, що все більше виробників технічних пристроїв віддають перевагу сканерам відбитків пальців для ідентифікації користувача.

Очікується, що застосування дактилоскопії у повсякденному житті зростатиме, адже виробники продовжують вдосконалювати існуючі технології сканування відбитків пальців та дають можливість користуватися ними широкому колу користувачів.

Провідними сферами застосування є:

- криміналістика, найперша та найважливіша сфера застосування;
- сфера безпеки: замки, сейфи;
- техніка та захист інформації: шифрувальні прилади в комп'ютерах та мобільних пристроях.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		10

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

### 1.1 Відбиток пальця

Відбиток пальця - це відбиття, яке залишають папілярні лінії (візерунок, малюнок або орнамент) людського пальця. Відбитки пальців легко відкласти на відповідних поверхнях (на кшталт скла, металу чи шліфованого каменю) завдяки природному виділенню поту з екзокринних залоз, що є присутніми на епідермальній нерівності.

Відбитки пальців людини (рисунок 1.1) є детальними, майже унікальними, складними до змінювання та стійкими впродовж життя людини, що робить їх придатними для ролі довгострокових маркерів ідентифікації людини. Аналіз відбитків пальців, застосовується ще з ранніх років 20 століття. [1, 2]

У більшості сучасних систем захисту, що використовують дактилоскопічну інформацію, в якості чутливого елементу використовуються сканери відбитків пальців які генерують цифрове зображення папілярного малюнка, проводять його обробку і ідентифікують користувача.



Рис. 1.1 Відбиток пальця

### 1.2 Розпізнавання відбитку пальця

Розпізнавання відбитку пальця може мати дві мети:

- Верифікація відбитку пальця;
- Ідентифікація відбитку пальця.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Верифікація відбитків пальців, або автентифікація по відбитку пальця 1:1 (один до одного) – це процес порівняння та перевірки двох відбитків пальця.

Шаблон наданого ідентифікатора порівнюється з раніше записаною цифровою моделлю. Якщо знайдено збіг за відбитком, то користувачу надається доступ. При перевірці необхідно виконувати пошук лише по одному запису.

В даний час цей метод, зазвичай, використовується для надання доступу до техніки (смартфони, комп'ютери, тощо), ідентифікації власників банківських рахунків. [3]

Ідентифікація відбитків пальців 1:N (один до багатьох) – це процес порівняння відбитку пальця з усіма наявним відбитками у певній базі даних, щоб визначити збіг.

Користувач надає ідентифікатор, після чого його цифрова модель порівнюється з безліччю моделей всіх зареєстрованих відбитків пальців.

Ідентифікація відбитків пальців в основному використовується для встановлення особи будь-кого за його відбитком пальців. [3]

### 1.3 Сканер відбитку пальця

Сканер відбитків пальців є датчиком для сканування пальця з метою генерування цифрового зображення відбитка людського пальця. Спочатку отримується зображення самого папілярного малюнка, а потім за допомогою спеціального програмного забезпечення зображення перетворюють у цифровий формат.

У найпростіших сканерах, зазвичай, зображення порівнюється з попередньо збереженим еталоном. Часто подальша обробка базується на роботі з декількома шаблонами.

Сканери відбитків пальців значно підвищують рівень безпеки, незалежно від зони їх використання, чи то перевірка користувача, чи захист

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

об'єктів (приміщень) або захист конфіденційних даних. Але необхідно зауважити, що при розпізнаванні відбитків будь-яким типом сенсорів і алгоритмів неминучі помилки. Як правило ці помилки зазвичай поділяють на 2 типи - не розпізнавання правильного відбитка пальця і розпізнавання неправильного відбитка пальця як правильного. [4]



Рис. 1.2 Сканер відбитку пальця влаштований в смартфон

#### 1.4 Типи сканерів відбитків пальців

Існує 3 типи сканера відбитків пальців: оптичний, напівпровідниковий, ультразвуковий сканери.

1. Оптичні сканери ґрунтуються на використанні оптичних методів отримання зображення. Вони знімають візуальне зображення відбитка пальця за допомогою цифрової камери.

2. Напівпровідникові сканери отримують зображення за допомогою напівпровідників, що змінюються у місцях контакту виступів папілярного візерунку зі сканером.

3. Ультразвукові сканери відбитків пальців використовують звукові хвилі високої частоти для проникнення в епідермальний (зовнішній) шар шкіри. Різниця між джерелом хвиль і виступами та впадинами папілярного візерунку вимірюються по відображеному відлунню.

Сканери відбитків пальців мають 2 форми побудови:

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		13

- Протяжний: Необхідно провести пальцем по невеликій зоні сканування. Пристрій створює багато кадрів, які перекривають один на одного. Цей спосіб дешевший та менш надійний ніж другий, адже зображення може бути не таким точним, як при використанні статичного методу. Не дивлячись на це, даний метод часто використовується у портативних пристроях, наприклад у ноутбуках.
- Статичний: Палець лежить нерухомо на області сканування, тоді як сканер працює під ним. Таким чином, область сканування має бути достатньо великою, щоб повністю зняти зображення відбитка. Цей вид будови забезпечує більш якісне і точне створення зображення. [4]

#### 1.4.1 Оптичні сканери відбитків пальців

Оптичні сканери є найбільш розповсюдженим та найдавнішим методом. Принцип роботи оптичних сканерів базується на оптичному методі отримання зображення, а саме побудова зображення на основі найтемніших та найсвітліших ділянок.

За видами застосовуваних технологій можна відзначити наступні групи оптичних сканерів:

1. FTIR-сканери - прилади, в яких застосовується ефект повного внутрішнього віддзеркалення (Frustrated Total Internal Reflection, FTIR). Цей вид є найбільш розповсюдженим поміж оптичних сканерів.

Коли світло падає на межу розділу двох різних середовищ, наприклад скло - повітря, то виникає певний кут падіння. Якщо цей кут малий, то промінь частково відбивається, але в основному, більша частина передається і заломлюється так, що кут заломлення більший за кут падіння. Чим більший кут заломлення, тим слабкішим стає промінь заломлення, тоді як відбитий промінь стає яскравішим. Це явище іменується повним внутрішнім віддзеркаленням.

Втім при контакті більш щільного оптичного середовища (в нашому випадку, поверхня пальця) з менш щільним (в практичній реалізації, як правило, площина призми) в точці повного внутрішнього віддзеркалення пучок світла проходить крізь цю межу. Таким чином, джерело світла (як правило, світлодіоди) спрямоване на одну сторони призми, тоді як палець прикладається до зворотної. Виступи з папілярного візерунку поглинають світло в той час, як западини не контактують із призмою, дозволяючи світлу відбиватися.

Для фіксації отриманої світлової картини площини пальця застосовується спеціальна камера (ПЗЗ або КМОН в залежності від реалізації сканера). [5]



Рис. 1.3 Принцип роботи FTIR сканерів

2. Оптиковолоконні сканери (Fiber optic scanners) – складаються з безлічі оптиковолокон, кожне з них закінчується фотоелементом. Разом вони складають оптиковолоконну матрицю.

Палець контактує з поверхнею сканера і освітлюється джерелом світла шляхом розсіювання світла над пальцем. З поверхнею сканера контактують лише виступи папілярного візерунку, таким чином лише вони розсіюють світло і воно не потрапляє на фоточутливий пристрій. А поруч зі впадинами

світло повністю відбивається від межі. Кінцеве зображення папілярних візерунків та самого пальця формується по сукупності сигналів, отриманих з усіх елементів матриці. [5]

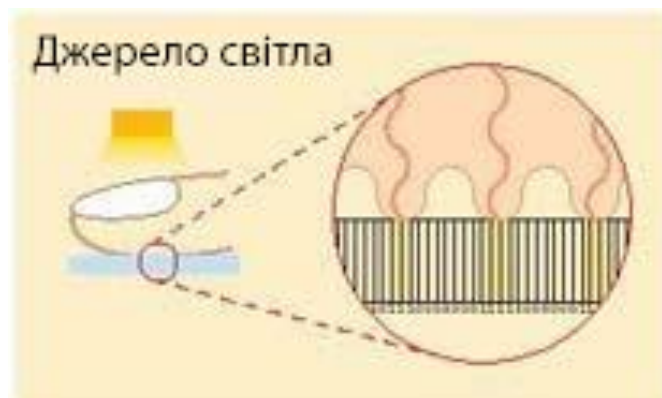


Рис. 1.4 Механізм роботи оптоволоконних сканерів

3. Електрооптичні сканери (Electro-optical scanners) - засновані на застосуванні особливих електрооптичних полімерів, до складу яких входить світло випромінюючий шар.

При дотику пальця виникає різниця потенціалів електричного поля, яке впливає на інтенсивність підсвічення відповідних точок зображення, що знімає матриця фотодіодів і в подальшому перетворює у цифровий формат. [5]

4. Оптичні протяжні сканери (Sweep optical scanners) за методом отримання та обробки схожі з FTIR-пристроями.

Різниця є у вигляді і побудові конструкції, а також у самому методі сканування пальця. Використовується не статичний метод побудови, а протяжний. Це означає, що під час сканування, замість прикладення пальця до поверхні сканеру, необхідно проводити пальцем вздовж смужки зчитувача. В цей момент робиться велика серія моментальних кадрів (знімків). Суміжні кадри робляться з накладенням, тобто накладаються один на один, це дає змогу мінімізувати розміри сканеру та самої призми. Після цього для утворення зображення відбитку пальця використовується спеціальне програмне забезпечення. [6]



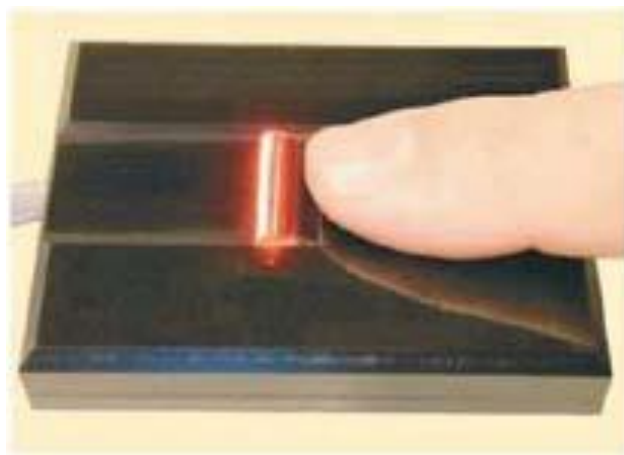


Рис. 1.5 Практична реалізація оптичного протяжного сканера

5. Роликові сканери (Roller-style scanners) – це оптичні контактні сканери, сканування у яких здійснюється наступним чином: при прокочуванні пальцем по тонкостінному циліндру (ролику), що складається зі статичного джерела світла, оптичної лінзи та мініатюрної фоточутливої камери. Зображення освітленої ділянки пальця фокусується за допомогою лінзи на чутливий елемент камери.

Після того, як відбулась повне прокочування пальця, подальший принцип роботи сканера аналогічний протяжному: здійснюється серія моментальних знімків, що накладаються один на один, щоб зібрати знімок без спотворення та обробляється спеціальним програмним забезпеченням. [5]



Рис. 1.6 Схема роликового сканера (зліва) та його реалізація (справа)

6. Безконтактні сканери (Touchless scanners) – не вимагають дотику пальця до площини скануючого приладу. Палець необхідно прикласти до

отвору в поверхні сканеру, під яким знаходиться лінза. По різних сторонам від камери розташовано кілька джерел світла, що підсвічують палець. Отримані дані завдяки лінзі передаються на КМОН-камеру і потім перетворюються в цифрове зображення пальця. [6]

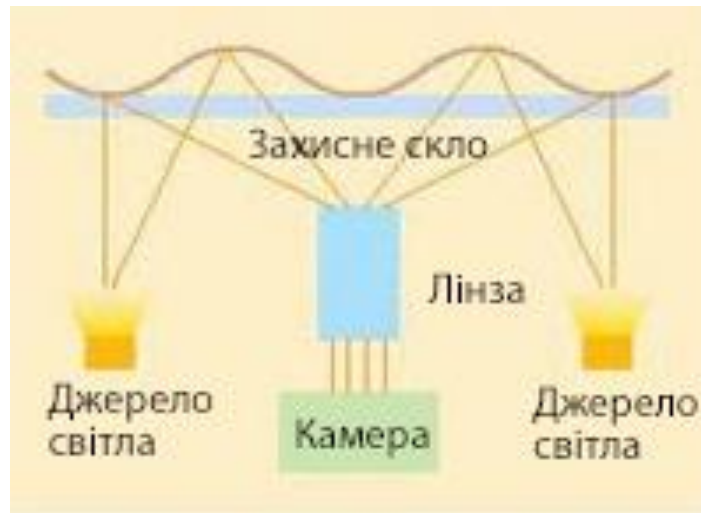


Рис. 1.7 Загальна схема роботи безконтактного сканера

До переваг оптичних сканерів можна віднести:

- можливість розмістити їх на екрані ємнісного дисплею, що дає змогу сканувати відбитки пальців на самому дисплеї і розробляти пристрої з великим розміром екрану та мінімальними або нульовими лицьовими панелями;
- у порівнянні з ультразвуковими сканерами, впровадження технології оптичного сканування відбитків пальців коштує дешевше;
- уся розроблена система дуже має невеликі розміри. Оптичний модуль може займати площу менше одного міліметра;
- при використанні сучасних оптичних матриць, висока ( $> 500 \text{ dpi}$ ) роздільна здатність.

До недоліків відносяться:

- Основний недолік: більшість систем не можуть відрізнити зображення пальця від справжнього пальця, оскільки дана технологія використовує

двовимірне зображення. Це робить даний метод менш безпечним поміж інших;

- Можливість забруднення оптичних поверхонь;
- Ці сканери зазвичай працюють повільніше, ніж напівпровідникові, але значно швидші за ультразвукові. [7]

Найбільш поширеними на ринку є наступні модулі:

- Модуль FPM10A (рис. 1.8);
- Модуль ZFM-20 (рис. 1.9);
- Модуль R305 (рис. 1.10).



Рис. 1.8 Модуль FPM10A



Рис. 1.9 Модуль ZFM-20

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		19



Рис. 10 Модуль R305

### 1.4.2 Напівпровідникові (кремнієві) сканери

Реалізація напівпровідникових сканерів базується на принципі отримання зображення папілярного візерунку, застосовуючи характеристики напівпровідників, які змінюються при контакті пальця з поверхнею сканера. На даний час існує декілька методів створення напівпровідникових сканерів.

1. Ємнісні сканери (Capacitive scanners) – є найпоширенішим типом напівпровідникових сканерів, в яких для отримання зображення відбитка пальця використовується ефект зміни ємності рп-переходу матриці при дотику виступами папілярного візерунку до поверхні напівпровідникового пристрою. Найчастіше вони використовуються у сучасних телефонах.

В основному, вони реалізуються наступним чином: палець використовується, як одна пластина конденсатора, а напівпровідники наявні в матриці сканера – друга пластина конденсатора. За допомогою вимірювання ємнісної різниці між електродами і пальцем, можна побудувати зображення папілярного малюнку.

Оскільки виступи ближчі до пластини, вони відповідають більшому значенні ємності і навпаки, впадини відповідають меншому значенню. Матриця цих ємностей перетворюється в зображення відбитка пальця, який у подальшому аналізується електронною системою, з метою ідентифікації по контрольним точкам. [6]

2. Чутливі до тиску сканери (pressure scanners) – основані на використанні чутливих до тиску п'єзоелементів, що складають матрицю напруг. При прикладанні пальця до скануючої поверхні, виступи папілярного візерунка чинять тиск на деяку підмножину елементів поверхні, відповідно западини ніякого тиску не чинять. За їх використання відбувається зчитування різниці між гребенями та западинами папілярного візерунку та на основі цього будується зображення відбитку пальця.

Ця реалізація легко інтегрується з портативними пристроями. Більше того, дані сканери не чутливі до стану вологості пальців. З іншої сторони вони крихкі, для них необхідний захисний шар, який в свою чергу може розмити зображення. [5,6]

3. Термо-сканери (thermal scanners) – використовують сенсори, що складаються з піроелектричних елементів та можуть фіксувати різницю температури і перетворювати її в напругу (цей ефект також використовується в інфрачервоних камерах).

При прикладанні пальця до сканера по температурі дотику виступів відбитку до піроелектричних елементів і температурі повітря, що знаходиться в западинах відбитку, будується температурна карта поверхні пальця, яка в подальшому перетворюється в цифрове зображення. Ці датчики менш точні під час використання при високих температурах, оскільки у такому випадку, різниця між температурами у виступах і впадинах не велика.

Зазвичай їх виготовляють у вигляді смужки, тобто протяжним. Це значить, що для сканування необхідно не прикласти палець, а провести їм по поверхні скануючого пристрою. Теплові датчики великого розміру не є практичними, оскільки температура шкіри швидко зрівнюється на поверхні датчика, що призводить до втрати сигналу. Протяжна конструкція надає теплову рівновагу, що призводить до отримання якісного зображення. Принцип роботи зображено на рисунку 1.11.

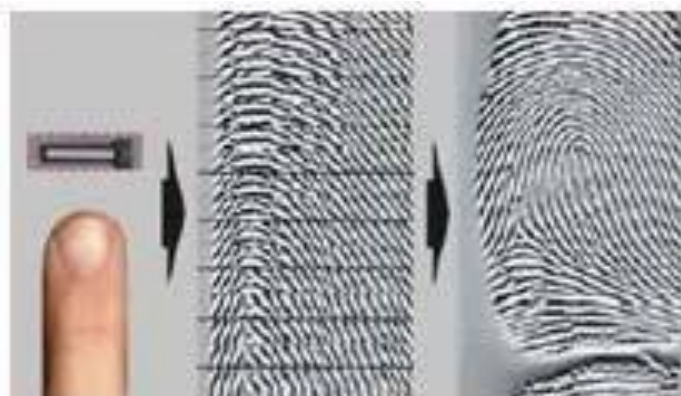


Рис. 1.11 Формування зображення протяжним термо-сканером

У всіх наведених вище напівпровідникових сканерах використовуються матриця чутливих мікроелементів (тип яких визначається способом реалізації) і перетворювач їх сигналів в цифрову форму. Таким чином, узагальнено схему роботи наведених напівпровідникових сканерів можна продемонструвати наступним чином (рисунок 1.12): [6]

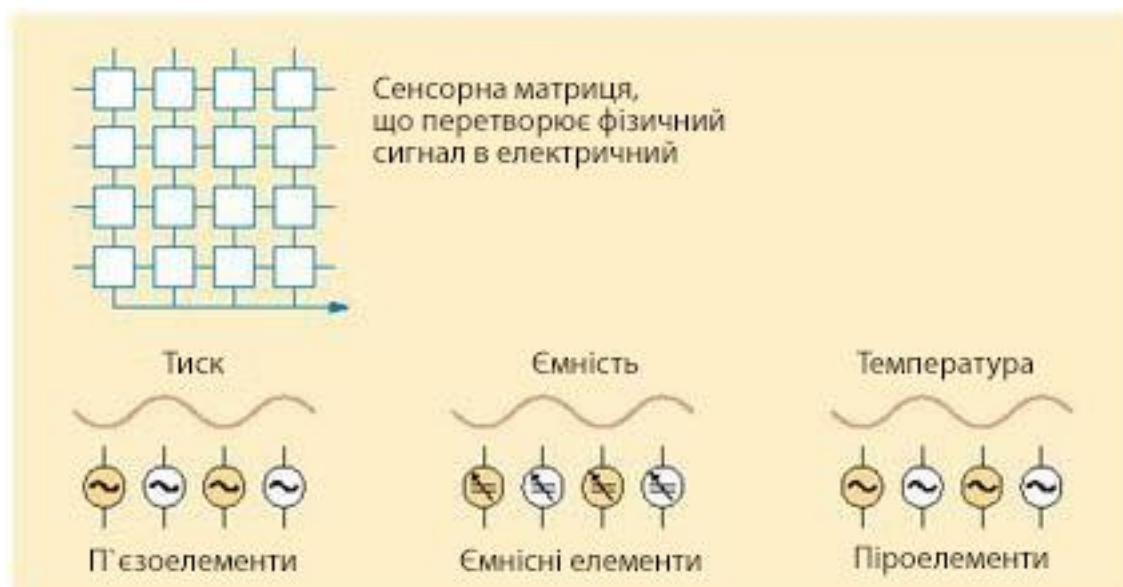


Рис. 1.12 Узагальнена схема роботи напівпровідникових сканерів

4. Радіочастотні сканери (RF-Field scanners) – контактні, напівпровідникові сканери, що використовують відбиті від поверхні пальця радіочастотні хвилі для створення зображення відбитка пальця. Приймачами у даному випадку являються елементи чутливої матриці – мікроантени. Датчик генерує слабкий радіосигнал і направляє його на скановану поверхню

пальця. Кожен з чутливих елементів приймає відбитий від папілярного візерунка сигнал. Величина загасання сигналу залежить від наявності виступу або западини папілярного малюнка. Отримана матриця напруг перетворюється в цифрове зображення папілярного малюнка. [5, 6]

Для ємнісних та радіочастотних сканерів можлива реалізація конструкції у протяжному вигляді. Принципи їх роботи аналогічні вище наведеним, але у будові вони відрізняються тим, що при скануванні необхідно провести пальцем по смужці-зчитувача, а не просто прикласти палець. Перевага такого методу побудови являється в тому, що цей спосіб реалізації займає менше місця. [6]

Отже, можна відзначити наступні переваги напівпровідникових сканерів відбитків пальців:

- Технологія легка та дешева в реалізації, що робить її доступною для бюджетних пристроїв;
- Ключова перевага напівпровідникових сканерів перед оптичними полягає в тому, що вони не залежать від оточуючого освітлення. Ці сканери залежать від фізичних властивостей пальця, що робить їх більш надійними;
- Оскільки ці сканери складаються з напівпровідників, вони є більш компактним аніж оптичні;
- Вони значно швидші ніж оптичні та ультразвукові сканери.

Найбільший недолік полягає у тому, що вони не можуть використовуватися на сенсорних дисплеях, оскільки ця технологія несумісна зі спеціальною ємнісною технологією вводу, що використовується в IPS, LCD та OLED дисплеях. Зазвичай, їх розміщують поруч з фізичною кнопкою або на поверхні пристрою. [7]

Одним з найбільш розповсюджених модулів напівпровідникових сканерів є датчик R301 (рисунок 1.13).



Рис. 1.13 Датчик R301

### 1.4.3 Ультразвукові сканери відбитків пальців

Ультразвукові сканери були засновані, коли було помічено, що є різниця в акустичному опорі шкіри (виступи папілярного малюнку) і повітря (западини відбитка пальця).

Ультразвукове сканування - це сканування поверхні пальця ультразвуковими хвилями і вимірювання відстані між джерелом хвиль і западинами - виступами на поверхні пальця по відбитому від них ехо. Акустичний опір людської шкіри значно більший, ніж у повітря, а це значить, що коефіцієнт відбиття значно більший у датчика-повітря, аніж у датчика-поверхні пальця. Тому і амплітуда акустичного відлуння у першому випадку значно більша, ніж у другому.

Роздільна здатність таких сканерів набагато вища, ніж отриманого будь-яким іншим із розглянутих. Крім цього, варто відзначити, що даний спосіб практично повністю захищений від муляжів, оскільки дозволяє крім відбитка пальця отримувати і деякі додаткові характеристики про його стан (наприклад, пульс всередині пальця). [6]

На рис. 1.14 зображено принцип роботи ультразвукових сканерів.





Рис. 1.14 Схема роботи ультразвукового сканера

Перевагами є:

- Ультразвукові сканери можуть робити деталізоване тривимірне зображення відбитку пальця з високою роздільною здатністю;
- Вони більш надійні, ніж напівпровідникові, і безперечно більш надійні ніж оптичні сканери;
- Вони проявляють найкращий результат у поганих умовах для сканування, наприклад, якщо у користувача брудні або вологі руки.

Недоліки:

- Вони значно повільніші ніж напівпровідникові. Це пов'язано з механізмом роботи даної технології;
- Нестабільність при треморі або поганому контакті папілярного малюнку із поверхнею;
- Сканери, що засновані на даній технології не можуть ефективно працювати з захисними плівками електронних пристроїв, оскільки ультразвуковий імпульс не може проходити через товсту поверхню.[7]

На ринку ультразвукові сканери найчастіше використовуються у сучасних смартфонах, що зображено на рисунку 1.15.



Рис. 1.15 Приклад використання ультразвукових сканерів

### 1.5 Порівняння основних характеристик датчиків

Порівняння основних характеристик датчиків приведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняння основних характеристик датчиків

Вид датчику / Характеристика	Оптичний	Напівпровідниковий	Ультразвуковий
Умови сканування	Погано розпізнає відбиток при брудних або вологих руках	Погано розпізнає відбиток при брудних або вологих руках	Добре розпізнає відбиток при будь- яких умовах
Якість	Середня якість зображення	Висока якість зображення	Дуже висока якість зображення
Роздільна здатність	Менш ніж 500 dpi	До 600 dpi	Більше 1000 dpi
Надійність	Не дуже надійні, погано	Надійні	Дуже надійні

	відрізняють муляж від руки		
Швидкість сканування	Швидкі	Дуже швидкі	Повільні
Вартість	Середня	Низька	Дуже висока
Візуалізація	2D	2D	3D

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		27

## Висновки до Розділу 1

З наведеної вище інформації можна зробити висновок, що кожен з видів має свої переваги та недоліки, з чого можна визначити оптимальну область їх використання.

Оптичні датчики – найдешевші, мають середню якість зображення та швидкість сканування, погано відрізняють справжній відбиток від муляжа. Оскільки цей метод найдавніший на ринку, є дуже широкий вибір різних датчиків з відповідними характеристиками, що найчастіше використовуються у стаціонарних системах безпеки.

Напівпровідникові сканери – є оптимальним вибором для мобільних та портативних пристроїв, завдяки їх незначним розмірам, низькій вартості, у поєднанні з достатньою якістю зображення та швидкістю сканування.

Ультразвукові датчики мають найякісніше зображення, високу роздільну здатність та надійність, але висока вартість та низька швидкість сканування не дають змоги використовувати їх у масовому виробництві.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

## РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ СКАНЕРУ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ

### 2.1 Вимоги до системи

В даному дипломному проекті пропонується розробити, зібрати і запрограмувати систему сканування відбитків пальців. Необхідно, щоб прилад мав невисоку собівартість та задовільні характеристики точності.

Система сканування пальців повинна забезпечувати можливість розпізнавати заздалегідь збережені відбитки пальців, та надавати фізичний доступ до об'єкту.

### 2.2 Принцип роботи та структурна схема приладу

Структурна схема відображена на рисунку 2.1. На ній можна побачити взаємодію елементів системи сканування відбитків пальців.

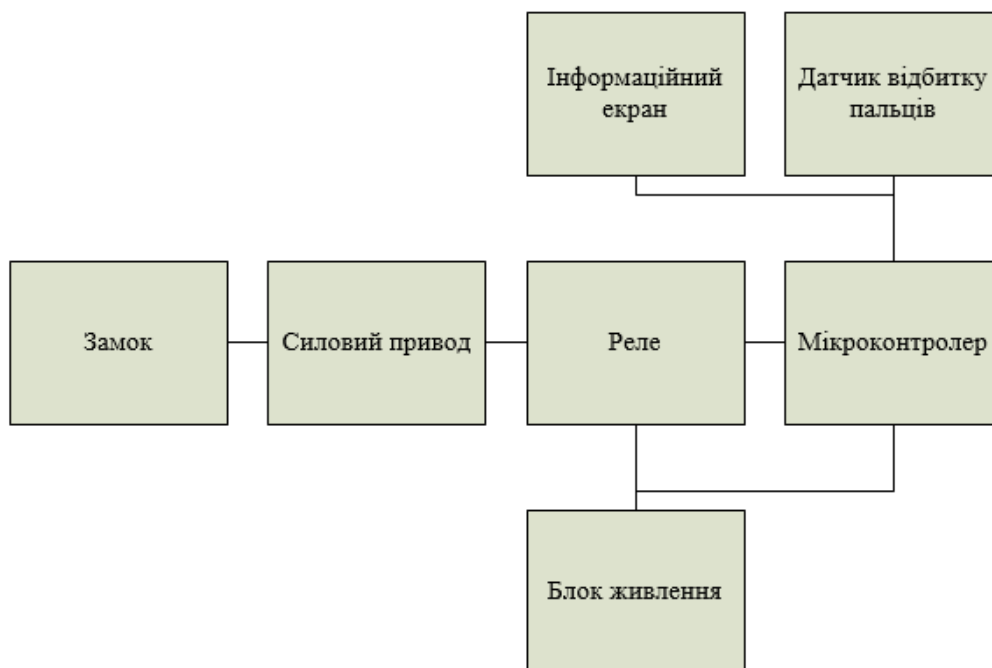


Рис. 2.1 Структурна схема

Основою системи є мікроконтролер. Отримання зображення відбитка пальця забезпечується завдяки сканеру відбитків пальців. Вся обробка,

передача та збереження даних відбувається за допомогою програмного забезпечення, вшитого в мікроконтролер.

## 2.3 Вибір елементів

При виборі елементів для системи сканування відбитків пальців було проведення дослідження ринку компонентів в інтернеті та проведено аналіз параметрів.

### 2.3.1 Вибір сканеру відбитків пальців

Наразі є досить великий вибір сканерів відбитків пальців. Серед розглянутих вище видів датчиків відбитків пальців було вирішено зупинитись на оптичному сканеру відбитків пальців. Даний вид датчиків є доволі бюджетним, задовольняє по характеристикам точності, швидкості та вартості.

Зазвичай такі сенсори включають в себе DSP чіп, який опрацьовують отримане зображення, проводить необхідні розрахунки для визначення відповідності між попередньо записаними та отриманими даними. У середньому, даний вид датчиків відбитків пальців має змогу записати до 162 різних значень.

Дані датчики поставляються з попередньо налаштованим програмним забезпеченням для Windows, а також є окрема бібліотека для Arduino, яку також можна використовувати для налаштування датчика.

Обраний модуль відбитків пальців DY50 (FPM10A) – це інтегрований модуль обробки відбитків пальців, який поєднує отримання оптичного зображення відбитку пальця і обробляє отримане значення.

Його перевагами є невеликий розмір, низьке енергоспоживання, простий інтерфейс, гарна швидкість розпізнавання. Інтерфейси зв'язку даного модулю: USB та UART. Даний модуль потребує контакту з головним пристроєм, що буде насилати відповідні команди для керування. Детальні характеристики представлені у таблиці 2.1

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.1 Технічні характеристики модулю відбитків пальців DY50 (FPM10A)

Напруга живлення	3.6 – 6.0 В (постійний струм)
Робоча сила струму	< 120 мА
Максимальна сила струму	140 мА
Час обробки зображення відбитка	< 1.0 с
Кількість одночасно записуваних файлів	162 файли
Інтерфейс (підключення)	UART(TTL послідовний) або USB
Швидкість передачі даних	9600, 19200, 28800, 38400, 57600 (за замовчуванням 57600)
Робочий діапазон температур	Від -20 С до +50 С
Допустимий рівень вологості	40% - 85% RH

При використанні датчику відбитків пальців є два етапи. По-перше, необхідно записати данні в пам'ять сенсора, тобто встановити унікальний ID кожному відбитку, який буде використовуватися у майбутньому. Після запису даних можна буде перейти до пошуку, порівнюючи поточне зображення відбитка з тими, що записані у пам'ять датчика. [8]



Рис. 2.2 Оптичний датчик відбитків пальців

### 2.3.2 Вибір керуючого контролера

Основою системи є платформа Arduino Uno. Arduino Uno – це плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі ATmega38. Платформа має 14 входів/виходів, 6 аналогових входів, кварцовий резонатор 16МГц, USB роз'єм, роз'єм живлення, роз'єм ISCP та кнопку перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера або подати живлення за допомогою адаптера чи батареї. [9]



Рис. 2.3 Платформа Arduino Uno

Таблиця 2.2 Основні характеристики платформи Arduino Uno

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Напруга живлення (Рекомендована)	7-12 В
Напруга живлення (Гранична)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	6
Максимальний струм через вхід/вихід	40 мА
Максимальний струм для виходу 3.3В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб
Оперативна пам'ять	2 Кб
Тактова частота	16 МГц



Дана платформа здатна працювати при зовнішньому живленні від 6В до 20В. При використанні напруги живлення нижче 7В, вихід 5V може видавати меншу напругу і платформа може почати працювати нестабільно. При використанні напруги більше 12В регулятор напруги може відбутися перегрів та пошкодження плати. Саме тому рекомендується використовувати у діапазоні від 7В до 12В.

Плата має наступні виходи живлення:

- VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела (не пов'язане з 5В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення);
- 5V. Регульоване джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера і компонентів на платі;
- 3V3. Напруга на виході 3.3В генерується вбудованим стабілізатором на платі. Максимальне споживання струму 50 мА;
- GND. Вихід заземлення.

Мікроконтролер ATmega328 має 32 кБ флеш пам'яті, з яких 0.5 кБ використовується для завантажувача, а також 2 кБ ОЗП (SRAM) і 1 Кб EEPROM.

Кожен з 14 цифрових виходів може бути налаштований як вхід або вихід, використовуючи відповідні методи. Виводи працюють при напрузі 5В. Кожний з них має навантажувальний регістр (за замовчуванням він відключений) 20-50 кОм та може пропускати до 40мА.

Деякі з них мають особливі функції:

- Послідовна шина: 0 (RX) та 1 (TX). Ці виводи використовують для отримання (RX) та передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Дані виводи підключені до відповідних виходів мікросхеми послідовної шини ATmega8u2 USB-to-TTL;

- Зовнішнє переривання: 2 та 3. Дані виходи можуть бути налаштовані на виклик переривання при низькому рівні сигналу, або на передньому чи задньому фронті, або при змінні значення;
- ШІМ: 3,5,6,9,10,11. Будь-який з виводів забезпечує 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ сигналу;
- SPI: 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SSK). За допомогою даних виводів здійснюється зв'язок SPI, для чого використовується бібліотека SPI;
- LED: 13. Вбудований світлодіод, підключений до цифрового виходу 13. Якщо на значення на виході – високий рівень, то світлодіод включається.

На платформі Arduino Uno встановлені 6 аналогових входів (позначені як A0...A5), кожен з роздільною здатністю 10 біт. Стандартно виходи мають діапазон вимірювання до 5В зі змогою зміни верхньої межі за допомогою виводу AREF. Деякі виводи мають додаткові функції:

- I2C: 4(SDA) та 5(SCL). За допомогою виводів здійснюється зв'язок I2C (TWI).

Додаткова пара виводів платформи:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів;
- Reset. Низький рівень сигналу на виводі перезавантажує мікроконтролер. Зазвичай використовується для підключення кнопки перезавантаження на платі. [9,10]

Обсяг флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM). [10]

На платформі Arduino Uno встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. ATmega328 підтримує послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), здійснюваний виходами 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена на платі мікросхема ATmega8U2 направляє даний інтерфейс через USB, програми на стороні комп'ютера

"спілкуються" з платою через віртуальний COM порт. Прошивка ATmega8U2 використовує стандартні драйвера USB COM, ніяких сторонніх драйверів не потрібно. Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дозволяє посилати і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди RX і TX на платформі будуть мигати при передачі даних через мікросхему FTDI або USB підключення (але не при використанні послідовної передачі через виходи 0 і 1). ATmega328 підтримує інтерфейси I2C (TWI) і SPI.

Платформа програмується за допомогою ПЗ Arduino. Мікроконтролер ATmega328 поставляється з записаним завантажувачем, що полегшує запис нових програм без використання зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500. Є можливість не використовувати завантажувач і запрограмувати мікроконтролер через виходи ICSP (внутрішньо схемне програмування).

Довжина і ширина плати складають 6.9 і 5.3 см відповідно. Роз'єм USB і силовий роз'єм виходять за межі даних розмірів. Чотири отвори в платі дозволяють закріпити її на поверхні. Відстань між цифровими виходами 7 і 8 дорівнюють 0,4 см, хоча між іншими виходами становить 0,25 см. [9]

### 2.3.3 Вибір блока живлення

Для живлення системи було обрано комп'ютерний блок живлення (рисунок 2.4). Такий вибір було обумовлено тим, що він має стандартну напругу 3.3В, 5В та 12В, що є достатнім для живлення майже будь яких пристроїв, що використовуються разом з Arduino. У даному випадку ми використовуємо напругу 5В та 12В.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рис. 2.4 Блок живлення

Для його використання необхідно замкнути контакт 14, що відповідає за подачу живлення з заземленням (контакт 13). Це зображено на рисунку 2.5.



Рис. 2.5 Замикання контактів Power-On та заземлення

#### 2.3.4 Вибір електропривода та реле

Для відкриття дверного замка використовується електропривод центрального замка автомобіля, що зображений на рисунку 2.6. Електроприводом називається електромеханічний пристрій, призначений для перетворення електричної енергії в механічну енергію обертового, або поступального руху і включає електромеханічний перетворювач (двигун) і

пристрій керування двигуном. Технічні характеристики електроприводу представлені у таблиці 2.3. [11]



Рис. 2.6 Електропривод центрального замка

Таблиця 2.3 Технічні характеристики електроприводу центрального замка

Напруга	9-15В
Тягове зусилля	До 5.5 кг
Максимальний споживаний струм	6А
Час спрацювання	0.4 с
ДхШхВ	155х25х55 мм

Загалом, електропривод центрального замка використовується в автомобілях для одночасного відкриття та закриття усіх дверей автомобіля. В якості вхідних датчиків використовуються кінцеві вимикачі дверей та мікроперемикачі в конструкції замків.

Кінцевий перемикач фіксує поточне положення, і відповідно передає сигнал до блока керування центрального замка автомобіля. Мікроперемикачі фіксують поточне положення конструктивних елементів замка двері. Мікроперемикачі передають сигнал на блок керування двері, а потім на

центральний блок, де створюються керуючі сигнали, що направляють сигнал на інші блоки керування. [12, 13]

Привід працює при живленні 12В та підключається через реле (рис 2.7) до плати Arduino Uno. Реле у даному випадку виконує роль мікроперемикача робота якого описана вище. Реле — це пристрій, що замикає або розмикає електричне коло. У даному приладі використовується реле SRD-05V DC-SL-C від виробника Songle та підключається до pin 12 на платі Arduino Uno. Характеристики реле представлені у таблиці 2.4.

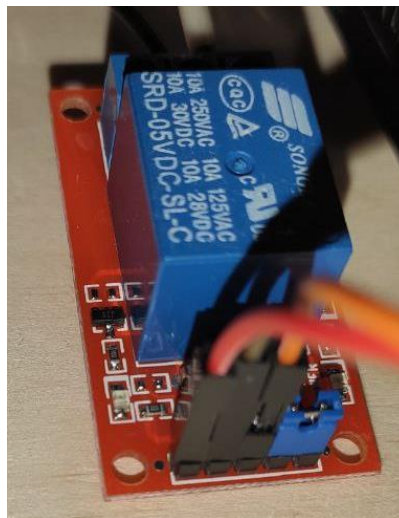


Рис. 2.7 Реле

Таблиця 2.4 Технічні характеристики реле SRD-05V DC-SL-C

Номінальна робоча напруга котушки	5 В
Номінальний робочий струм котушки	71 мА
Опір котушки	70 Ом
Споживана потужність	0.36 Вт
Максимальний комутований струм	10 А
Максимальна комутована напруга (постійна)	28 В

Максимальна комутована напруга (змінна)	250 В
Робоча температура	-25 С..+70 С

При прикладанні пальця до поверхні сканера відбувається ідентифікація поточного користувача. Якщо у пам'яті сканера знаходиться збіг з щойно відсканованим відбитком пальця, то на pin 12 подається високий рівень сигналу. Це значення передається на реле, а звідти керуючим сигналом реле подається живлення на привід, що власне і відкриває дверний механізм. Підключення елементів між собою зображено на рисунках 2.8 - 2.9.

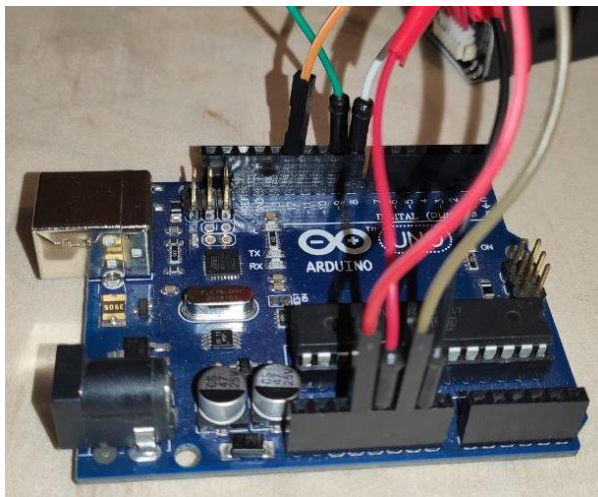


Рис. 2.8 Підключення сканера відбитків пальців та реле до плати Arduino Uno



Рис. 2.9 Підключення реле до плати Arduino Uno



### 2.3.5 Вибір перемикачів

На корпусі розташовані два перемикача: один відповідає за живлення, а другий за перемикання режимів роботи та навчання (рисунок 2.10).

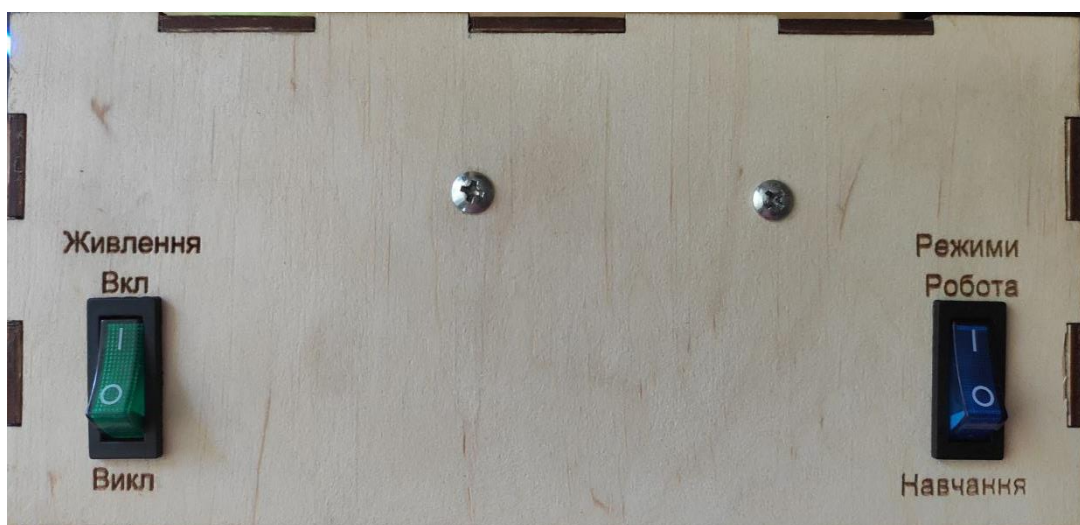


Рис. 2.10 Кнопки керування системою

Використання перемикачів є дуже зручним для користувачів, оскільки дають змогу наочно побачити робочий стан перемикача. Дані перемикачі мають два робочих стани ON-OFF. Перший перемикач працює наступним чином: якщо він увімкнений, то на плату Arduino подається живлення, що забезпечує роботу системи.

Другий перемикач в залежності від того, передає вона високий чи низький сигнал, перемикає режими роботи чи навчання відповідно.

### 2.4 Моделювання макету

Для реалізації корпусу у середовищі SolidWorks була розроблена 3D модель корпусу.

SolidWorks – це комплекс систем автоматизованого проектування, інженерного аналізу. Він дає змогу проектувати 3D вироби (деталі та збірки) будь-якого рівню складності. [14] Спочатку було створено кожен окрему деталь корпусу, а потім зібрано у єдину збірку використовуючи інструменти програмного середовища.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



На рисунках 2.11-2.14 зображена створена модель корпусу.

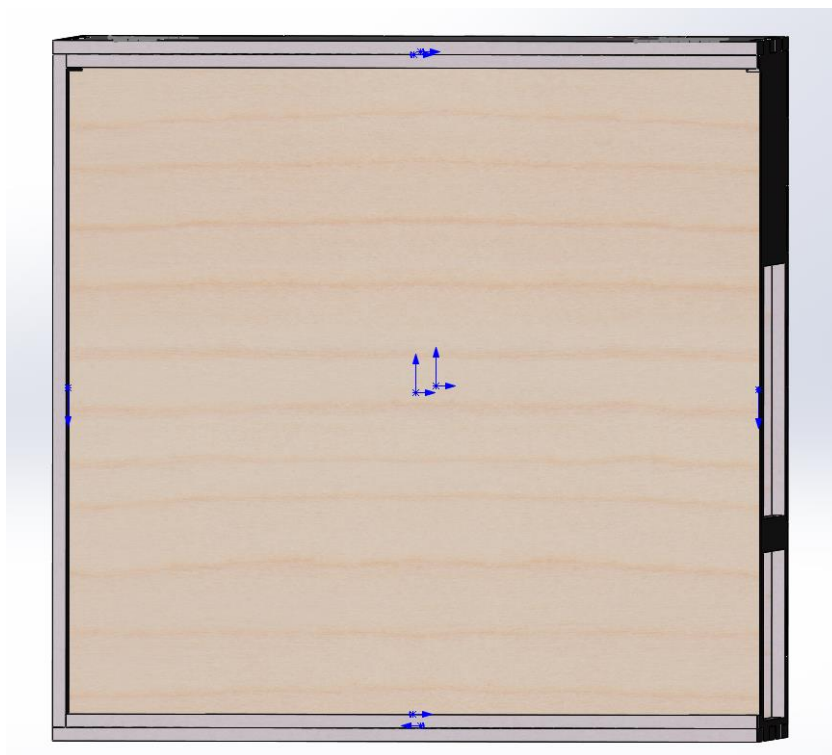


Рис. 2.11 Передня поверхня корпусу

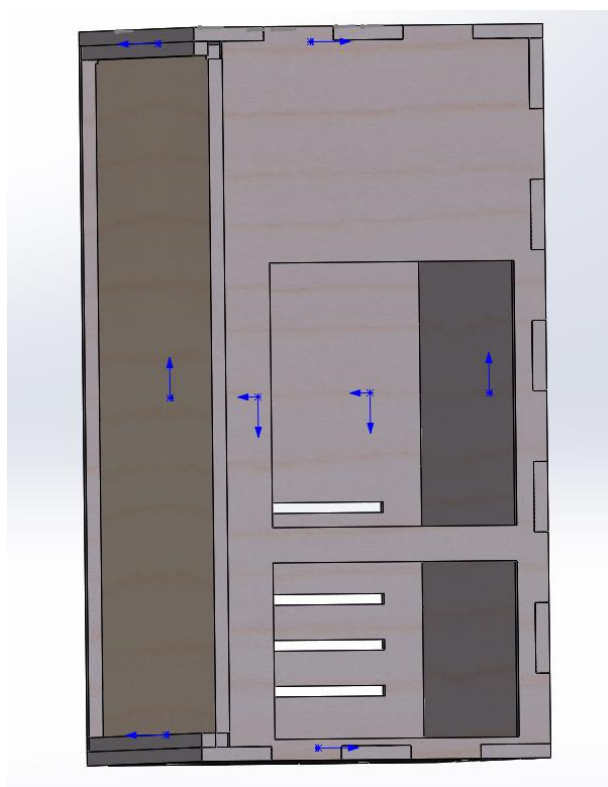


Рис. 2.12 Бокова поверхня корпусу з отвором для блока живлення

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		41

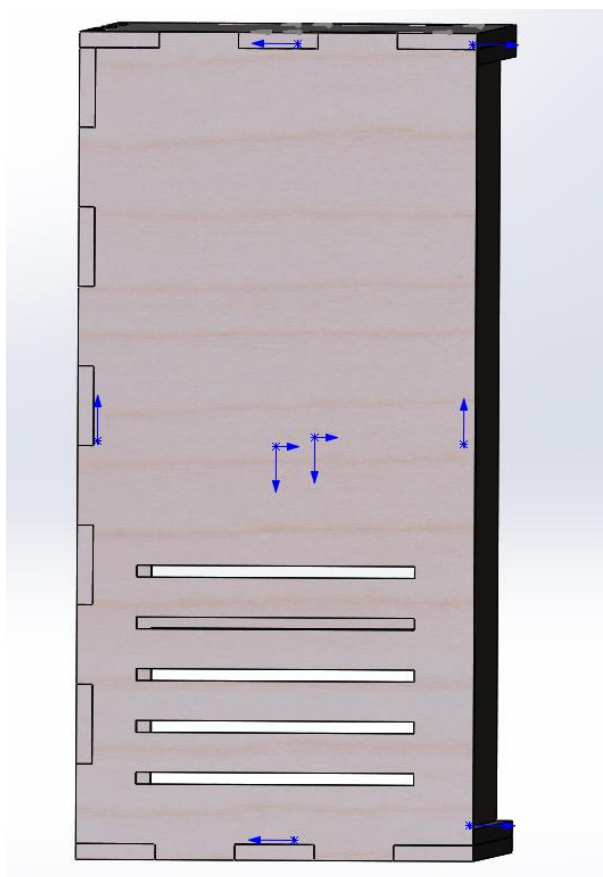


Рис. 2.13 Бокова поверхня корпусу з отворами для вентиляції

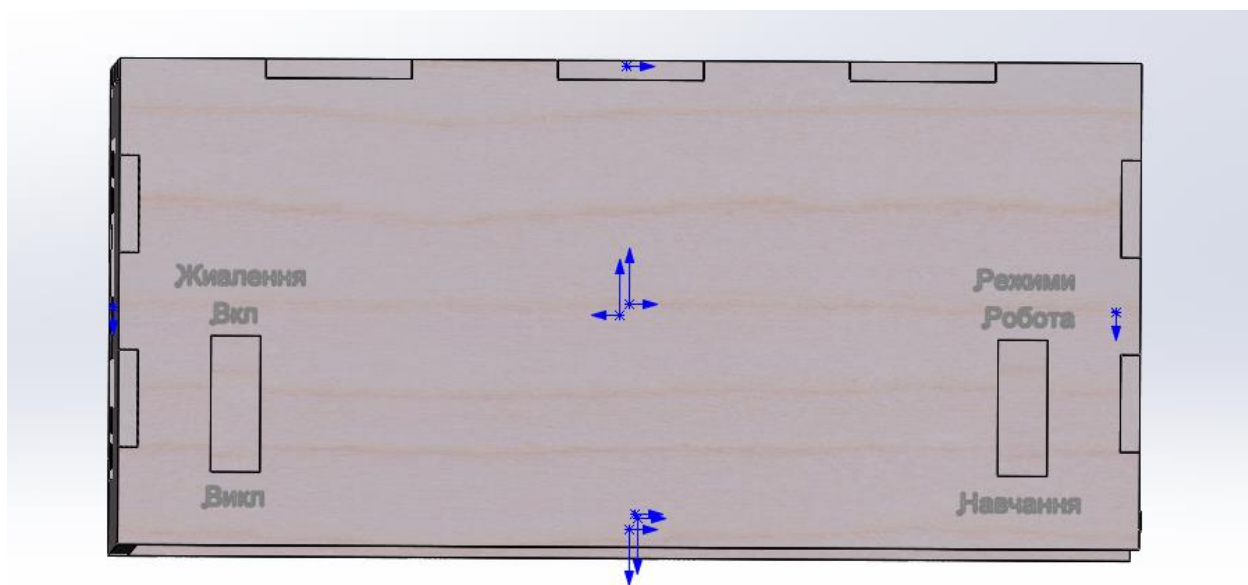


Рис. 2.14 Верхня поверхня корпусу з отворами для кнопок

Для виготовлення макету було створено корпус з фанери розкритої на лазерному станку з ЧПК. Такий матеріал макету був обраний оскільки має наступні переваги:

- простота у виготовленні;
- простота у розміщенні необхідних монтажних отворів;
- низька вартість;
- легкість конструкції.

Сучасні лазерні машини з ЧПК успішно справляються з обробкою практично будь-яких матеріалів (дерева, металу, пластику, скла, шкіри, гуми, паперу, поліетилену, каменю тощо). Їх принцип роботи схожий на фрезерні станки з ЧПК. Перевага лазерної обробки є дуже тонкий зріз завдяки чому обробка заготовки виконується з дуже високою якістю.[15]

На верхній кришці можна побачити отвори для кнопок живлення та перемикачів режимів роботи (рисунки 2.16). На бокових панелях корпусу зроблені отвори для кабелів підключення блоку живлення, а також для його вентиляції (рисунки 2.17). Спереду є кришка, що надає доступу до внутрішніх елементів системи (рисунки 2.18).

Виготовлений корпус показано на рисунках 2.15-2.18.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Рис. 2.15 Внутрішнє оздоблення корпусу



Рис. 2.16 Верхня поверхня корпусу



Рис. 2.17 Бокові поверхні корпусу



Рис. 2.18 Зовнішній вигляд корпусу



## 2.5 Збірка пристрою

Збірка пристрою складається з декількох етапів. По-перше, були створені додаткові отвори для елементів системи. Далі поступово розміщені елементи системи, що описані у попередніх підрозділах. Цей процес показаний на рисунках 2.18 – 2.21.

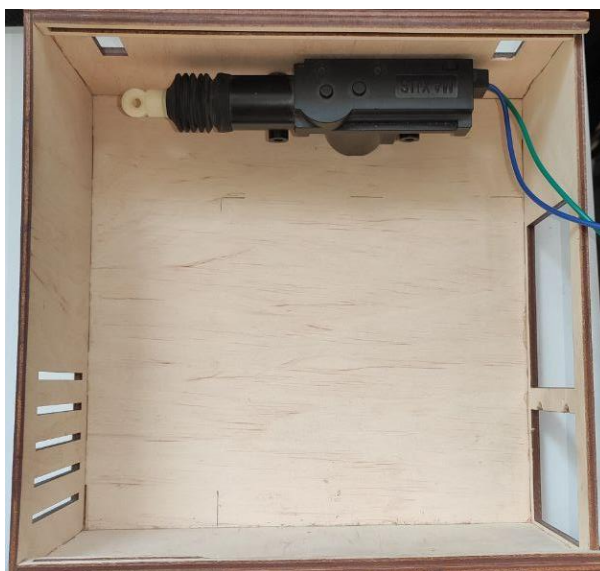


Рис. 2.18 Розміщення електроприводу у корпусі



Рис. 2.19 Розміщення плати Arduino у корпусі

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		46

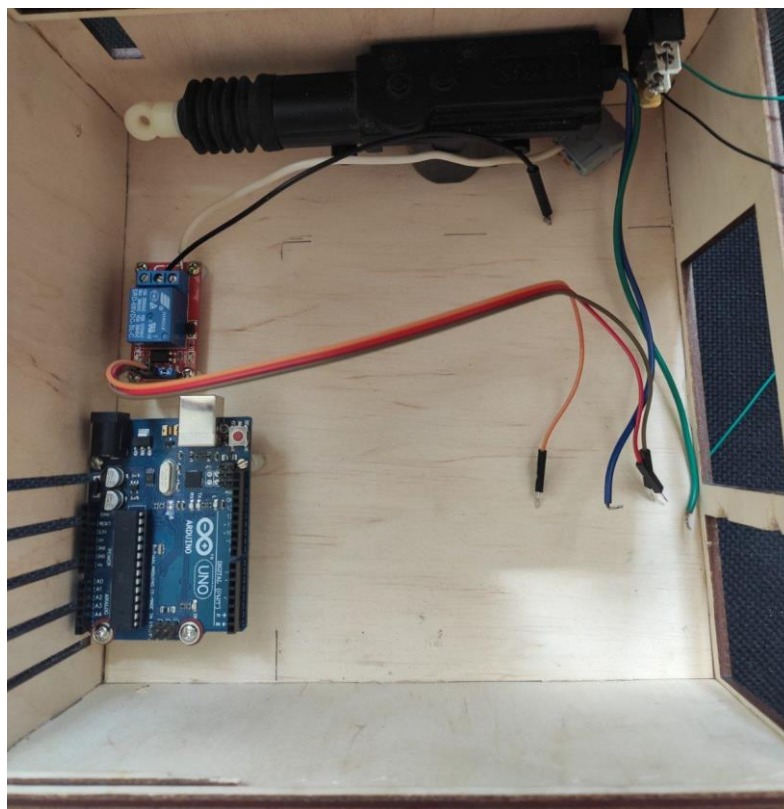


Рис. 2.20 Розміщення реле у корпусі

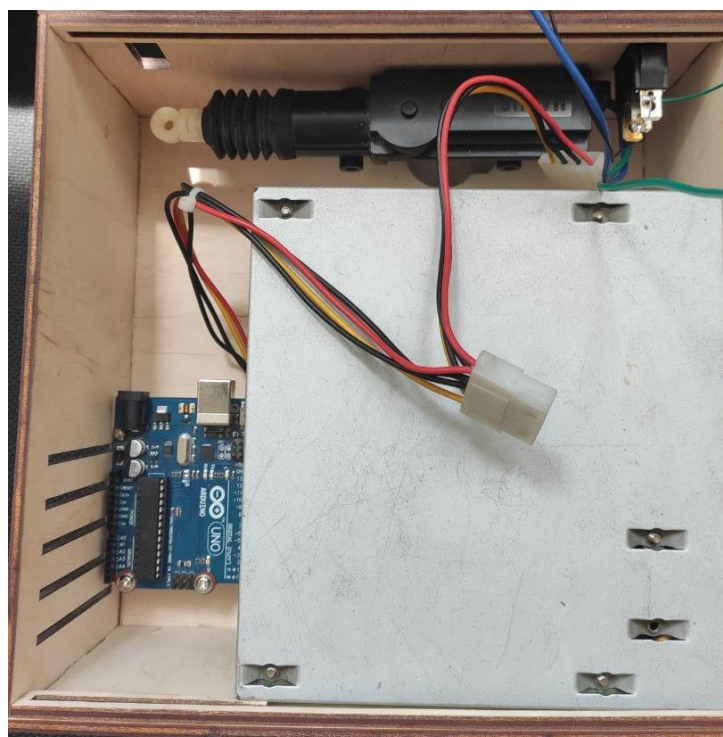


Рис. 2.21 Розміщення блока живлення у корпусі

Кінцевий вигляд зібраного макету представлено на рисунку 2.22.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

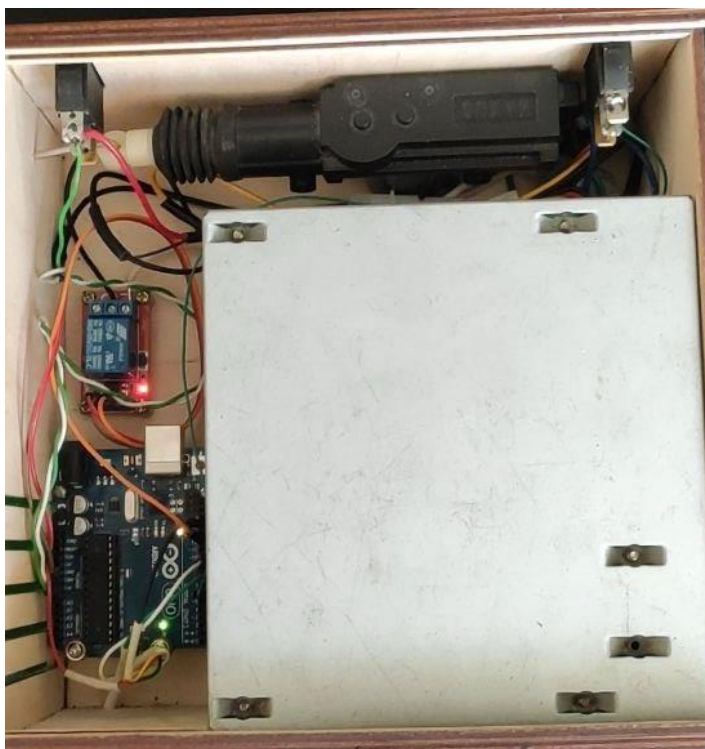


Рис. 2.22 Макет сканера відбитків пальців

## 2.6 Програмування мікроконтролера

Процес розробки програмного забезпечення – це дії спрямовані на створення і підтримання працездатності, якості й надійності програмного забезпечення застосовуючи технології.

Програмування мікроконтролерів означає процес запису (програмування) інформації в його постійній запам'ятовуючий пристрій (ПЗУ) та проводиться за допомогою програматорів. Цей процес зазвичай здійснюється на мові асемблера або С. Також існують різноманітні компілятори для інших мов програмування. Налаштування відбувається використовуючи спеціальні програмні симулятори та внутрішньо схемні емулятори.

Програматор – пристрій призначений для запису інформації у постійний запам'ятовуючий пристрій. Зазвичай можна програмувати мікросхеми з послідовним і паралельним інтерфейсом. Паралельне програмування підтримують мікросхеми пам'яті типу EPROM, EEPROM, FLASH та ін.



Послідовне програмування підтримують мікросхеми з інтерфейсами: JTAG, SPI, I2C, BDM, 1WIRE та ін.

Послідовне, або ж внутрішньосхемне програмування використовується для програмування мікросхем безпосередньо в системі. Це дає змогу швидко перепрограмувати мікросхему без зайвого виймання з плати. [16, 17, 18]

## 2.7 Програмування Arduino

Програми для Arduino пишуться в Arduino Integrated Development Environment (Інтегрована середовище розробки), що написана на мовах C та C++. Arduino IDE спеціальне програмне забезпечення, що дозволяє писати скетчі (програми) для різних сумісних з Arduino платформ.

Вихідний код Arduino IDE відкритий і на нього поширюється загальнодоступна ліцензія GNU.

Мова програмування базується на мові Processing, що дуже схожа на C. Після написання скетча він завантажується на платформу для виконання.

Основною вимогою до створення коду є імплементація двох методів `setup` та `loop`, що є аналогом метода `main` у мовах C та C++. [19]

## 2.8 Реалізація запису та пошуку даних

Для використання сканера відбитків пальців необхідно виконати 2 дії. По-перше, необхідно записати дані в пам'ять сенсора, таким чином кожен з записаних відбитків отримає свій унікальний ідентифікатор і надалі буде використовуватися для автентифікації.

Є декілька варіантів, що можуть використовуватися для запису відбитка пальців. Можна використовувати вже готове програмне забезпечення для операційної системи Windows або можна використовувати спеціальний скетч для Arduino.

Перший метод є найпростішим, оскільки не потребуються жодні навички програмування. Для початку необхідно завантажити порожній скетч на платформу Arduino Uno.

```
void setup() {}
```

```
void loop() {}
```

Після цього необхідно відкрити підключити сканер відбитків пальців як зображено на рисунку 2.23, а саме Tx та Rx до pin 0 і 1, червоний дріт до 5V, а чорний до заземлення.

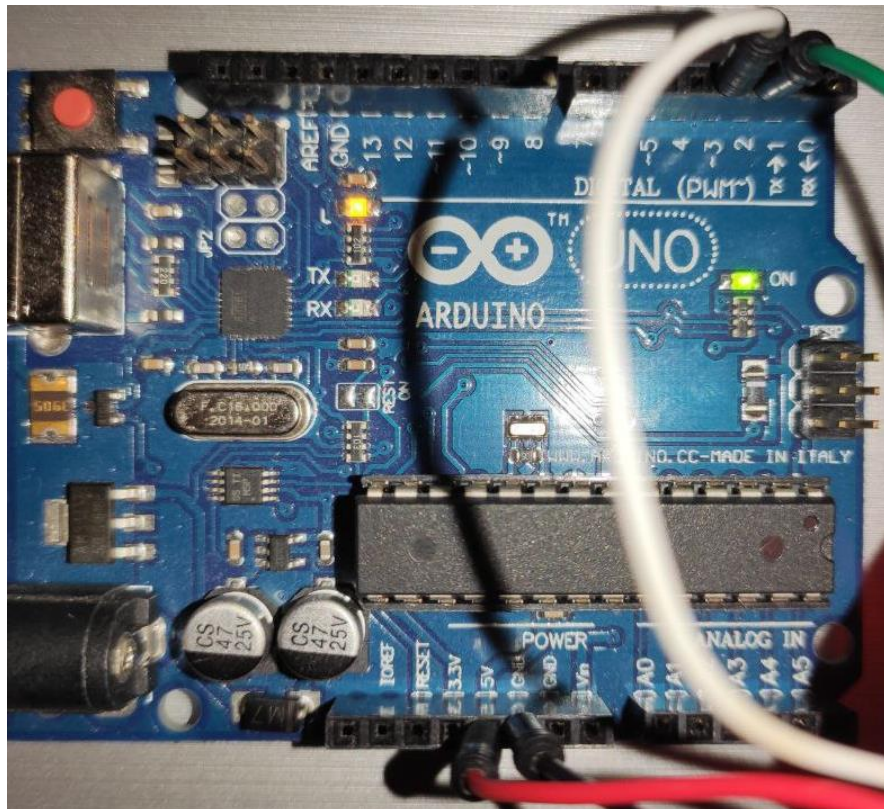


Рис. 2.23 Підключення сканеру відбитків пальців до плати Arduino Uno

Далі необхідно відкрити програму SFG Demo та обрати COM порт до якого підключена платформа Arduino Uno (рисунок 2.24). [20]

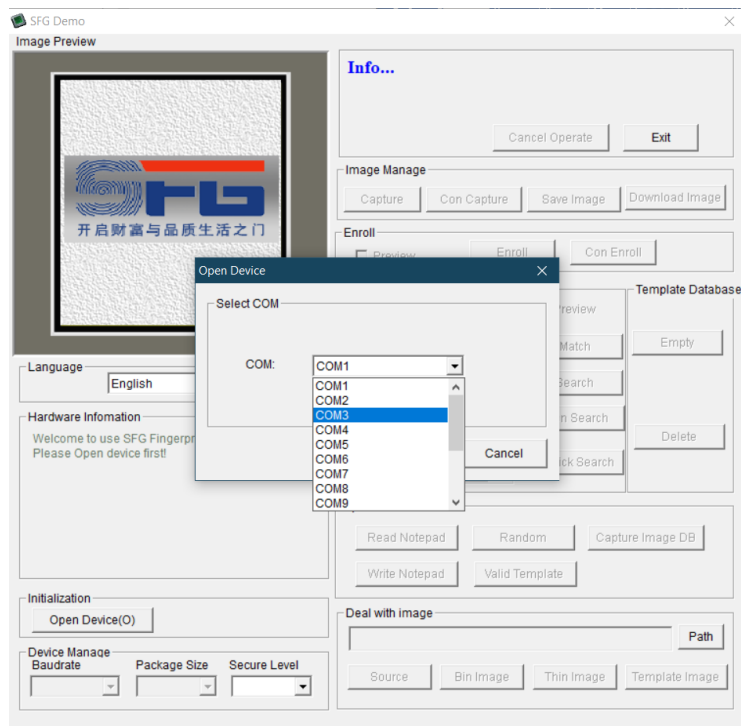


Рис. 2.24 Вибір необхідного COM порту

Після цього відобразиться надпис про успішне підключення пристрою та дані про сканер відбитків пальців. У програмному вікні можна встановити певні налаштування, такі як швидкість передачі даних, рівень безпеки (рисунок 2.25).

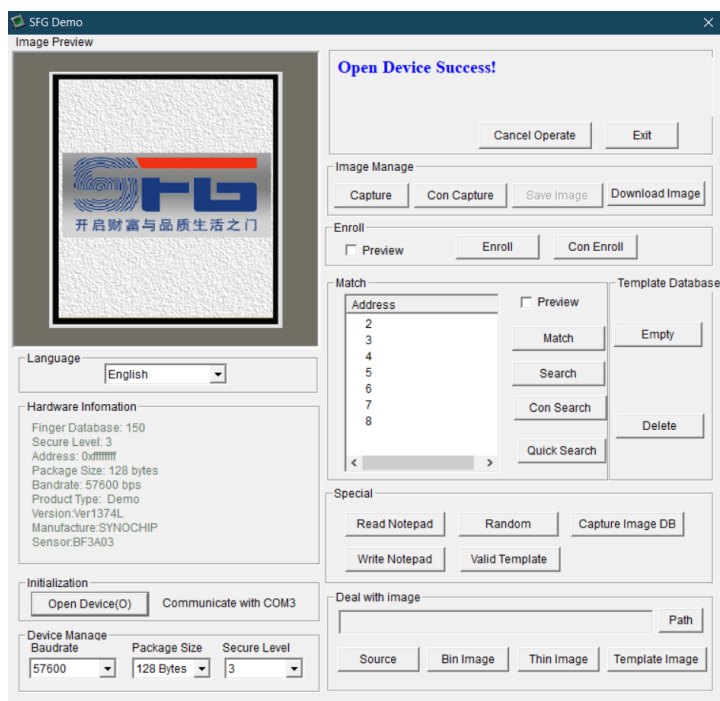


Рис. 2.25 Головне вікно програми SFG Demo

Для завантаження нового відбитку необхідно натиснути Enroll і у новому вікні необхідно ввести номер ідентифікатора, який буде використовуватися (рисунок 2.26).

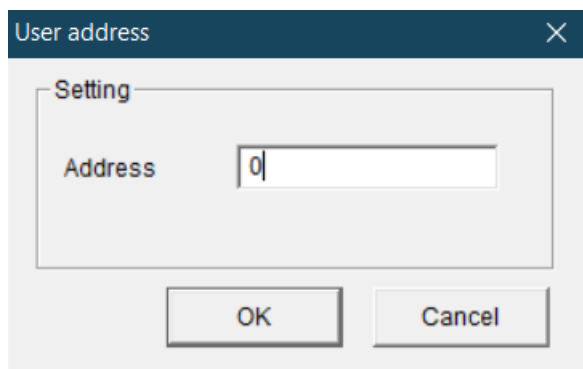


Рис. 2.26 Введення ідентифікатору відбитка пальця

Далі програма запропонує прикласти палець до сенсора.

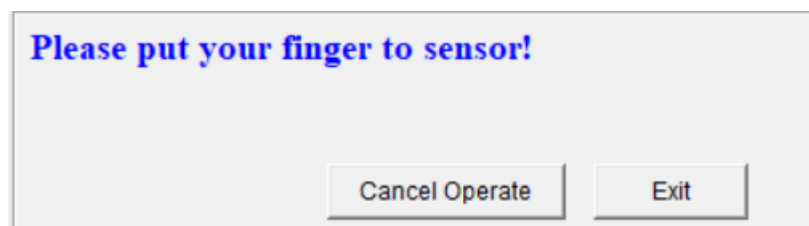


Рис. 2.27 Повідомлення програми

Після першого зчитування відбитка пальців у програмному вікні зліва можна побачити зображення поточного відбитка пальця. Далі необхідно в другий раз зчитати відбиток пальця.

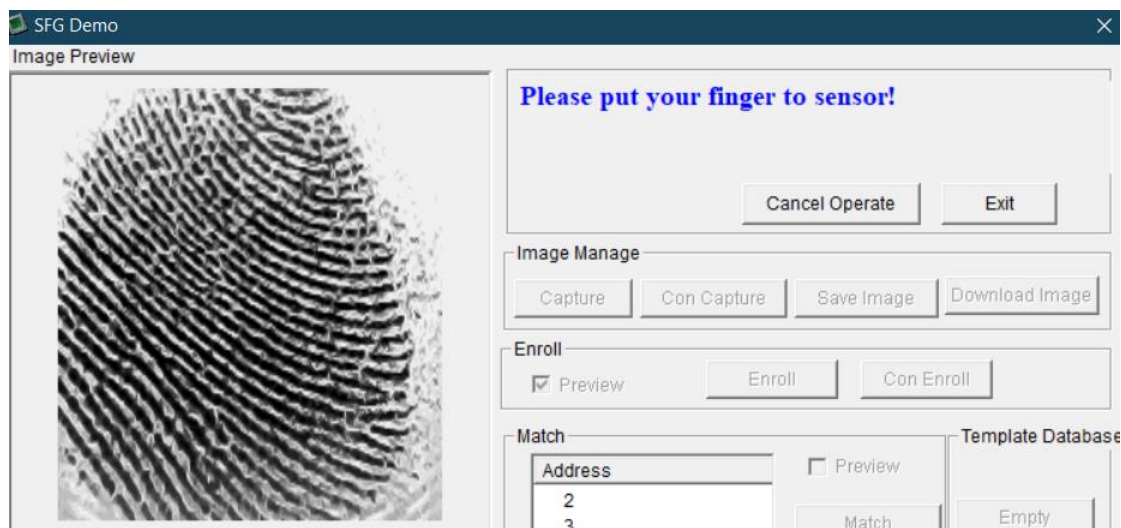


Рис. 2.28 Програмне вікно зчитування відбитка пальця

Після успішного завершення запису, програма покаже відповідне повідомлення.

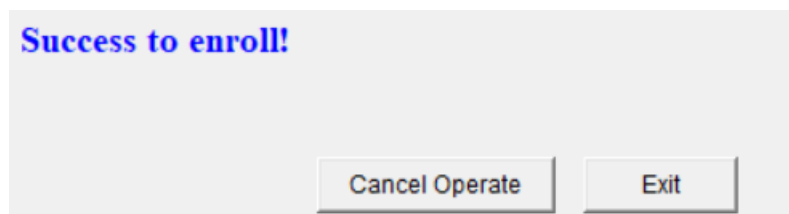
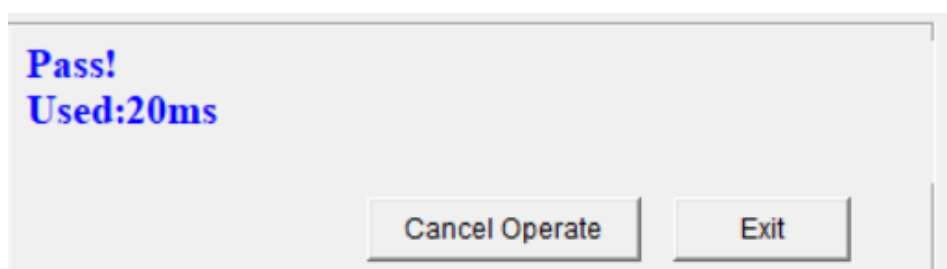
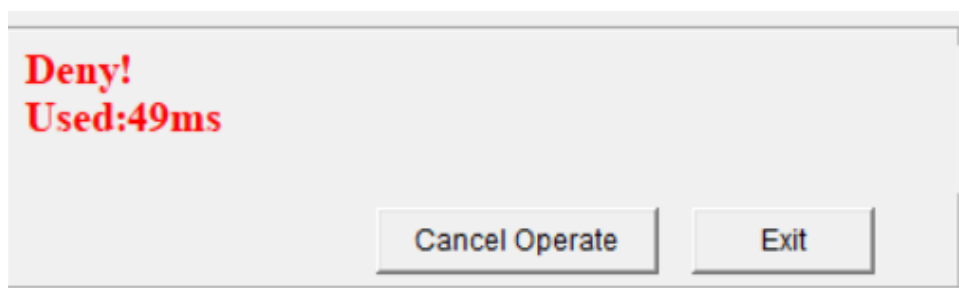


Рис. 2.29 Повідомлення про успішний запис

Далі використовуючи дану програму можна провести верифікацію бо ідентифікацію. Для верифікації необхідно серед переліку обрати один із ідентифікаторів та натиснути Match. Якщо виявиться збіг, то з'явиться повідомлення «Pass!», в іншому випадку з'явиться попередження «Deny!» (рисунок 2.30).



а) Повідомлення про успішну верифікацію



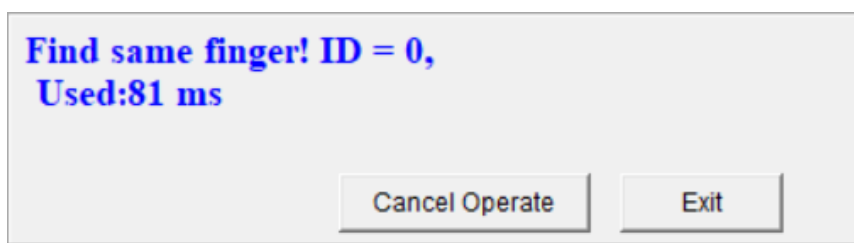
б) Попередження

Рис. 2.30 Проведення верифікації

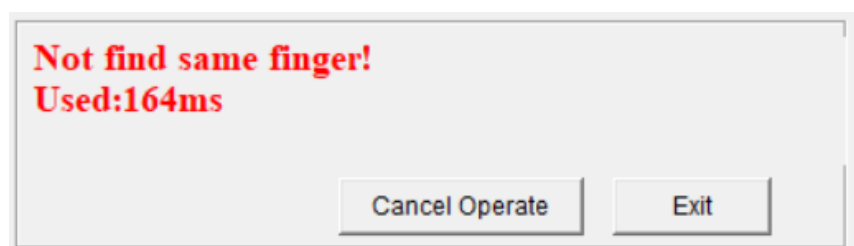
Для проведення ідентифікації необхідно натиснути кнопку Search та прикласти палець до сенсора. Якщо відбиток буде знайдений у пам'яті, то

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

відобразиться відповідне повідомлення (рис. 2.31, а). Якщо відбиток не знайдеться у пам'яті, то з'явиться повідомлення з попередженням (рис. 2.31, б).



а) Повідомлення про успішно знайдений відбиток пальця



б) Попередження про відсутність від сканованого значення у пам'яті датчика

Рис. 2.31 Проведення ідентифікації

Другий метод полягає у використанні Arduino IDE. Для взаємодії з платформом Arduino Uno та сканером відбитків пальців необхідно підключити бібліотеку Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library. Для використання стандартних методів бібліотеки необхідно сканер відбитків пальців необхідно підключити як зображено на рисунку 2.32, а саме Tx до pin 2, а Rx до pin 3, червоний та чорний дроти можна залишити так само як і у попередньому випадку, тобто до 5V і заземлення відповідно.



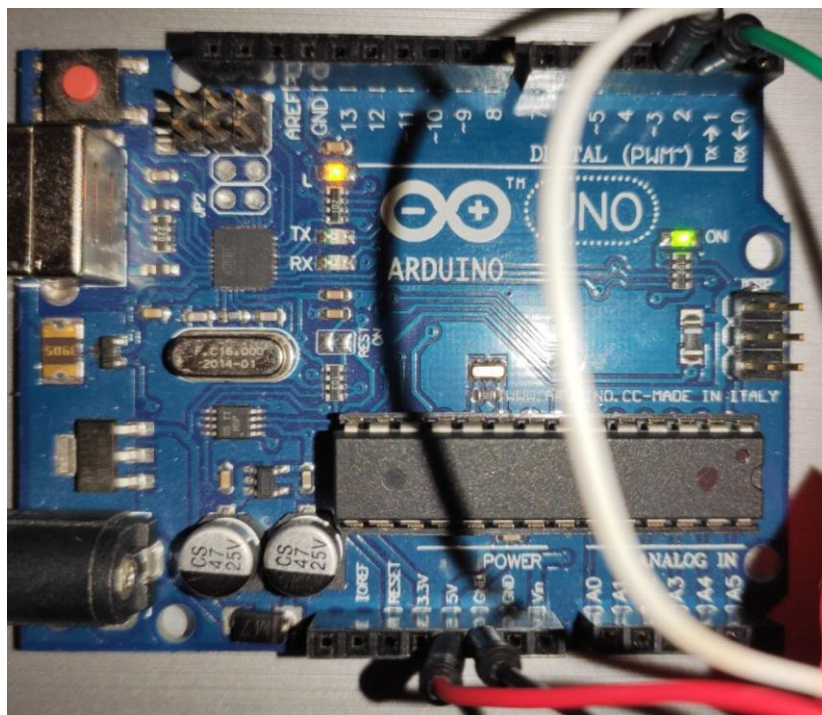


Рис. 2.32 Підключення сканеру відбитків пальців до плати Arduino Uno

Для використання сканеру відбитків пальців у режимі пошуку достатньо обрати скетч “fingerprint”. При відкритті серійного монітору можна буде побачити наступне:

```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)

Adafruit finger detect test
Found fingerprint sensor!
Sensor contains 8 templates
Waiting for valid finger...
Found ID #0 with confidence of 128
```

Рис. 2.33 Результат виконання скетча “fingerprint”

Для внесення нових відбитків пальців можна використовувати скетч “enroll”. Результат його виконання можна побачити у серійному моніторі:

```

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

Adafruit Fingerprint sensor enrollment
Found fingerprint sensor!
Ready to enroll a fingerprint!
Please type in the ID # (from 1 to 127) you want to save this finger as...
Enrolling ID #8
Waiting for valid finger to enroll as #8

```

a)

```

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

.
Image taken
Image converted
Remove finger
ID 8
Place same finger again
.....
Image converted
Creating model for #8
Prints matched!
ID 8
Stored!
Ready to enroll a fingerprint!
Please type in the ID # (from 1 to 127) you want to save this finger as...

```

б)

Рис. 2.34 Результат виконання скетча “enroll”

Також дана бібліотека має скетчі для видалення певних відбитків пальців, очищення пам’яті, тощо. Повний список представлений на рисунку 2.35.

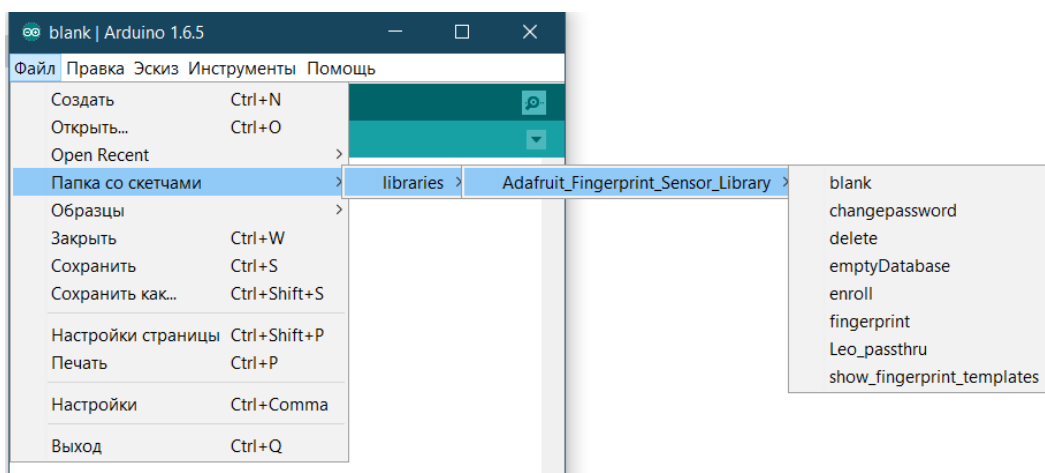


Рис. 2.35 Повний перелік доступних скетчів у бібліотеці Adafruit Fingerprint Sensor



## 2.9 Алгоритм роботи із системою контролю доступу на основі сканеру відбитків пальців

Для використання системи контролю необхідно притримуватись наступного алгоритму:

1. Для роботи необхідно ввімкнути силовий кабель від блоку живлення у мережу 220В;
2. Ввімкнути перемикач «Живлення» на системному блоці у положення «Вкл»;
3. Ввімкнути перемикач «Живлення» на верхній панелі пристрою у положення «Вкл»;
4. Переконались, що вимикач «Режими» знаходиться у положенні «Робота»;
5. Після цього, пристрій готовий до функціонування;
6. Перевірити спрацьовування системи можна приклавши палець до сканеру відбитків.

Для використання системи у режимі навчання для додавання нових відбитків пальців необхідно:

1. Необхідно ввімкнути силовий кабель від блоку живлення у мережу 220В;
2. Ввімкнути перемикач «Живлення» на системному блоці у положення «Вкл»;
3. Ввімкнути перемикач «Живлення» на верхній панелі пристрою у положення «Вкл»;
4. Переконались, що вимикач «Режими» знаходиться у положенні «Навчання»;
5. Після цього необхідно двічі прикласти палець до сканеру відбитків пальців для запису нового ідентифікатора;

6. Для перевірки чи вірно записаний відбиток пальця необхідно увімкнути режим «Робота» та спробувати пройти ідентифікацію.

## 2.10 Перевірка працездатності системи контролю доступу

Перевірка працездатності системи контролю доступу були проведені дослідження притримуючись описаного вище алгоритму. Проведена перевірка спрацьовування системи, шляхом сканування попередньо записаного у пам'ять сканера відбитка пальця, не менше 10 разів. Процес зображений на рисунках 2.36-2.38.

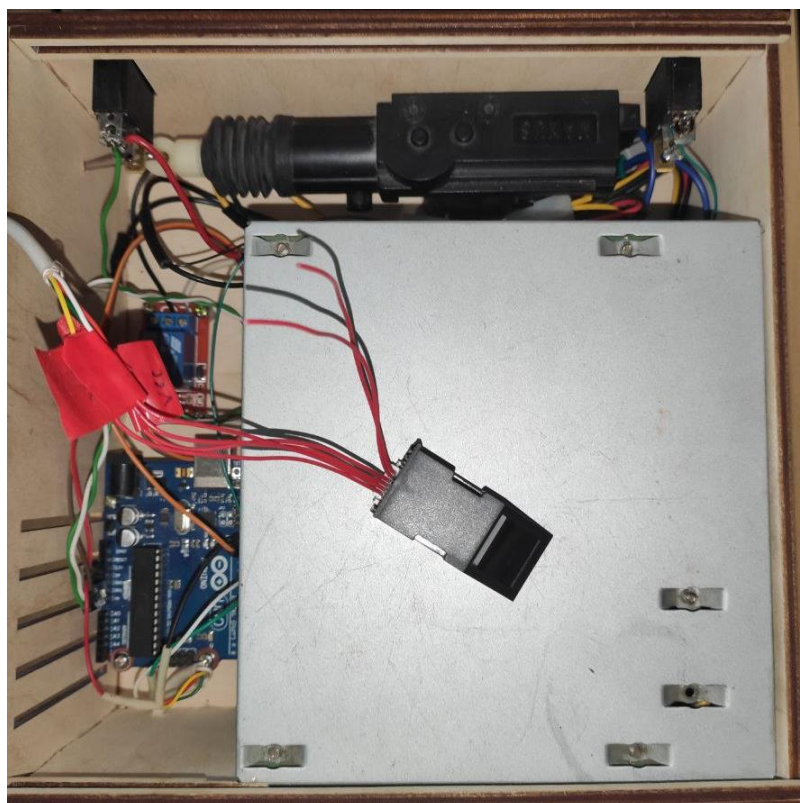


Рис. 2.36 Система у вимкнутому стані

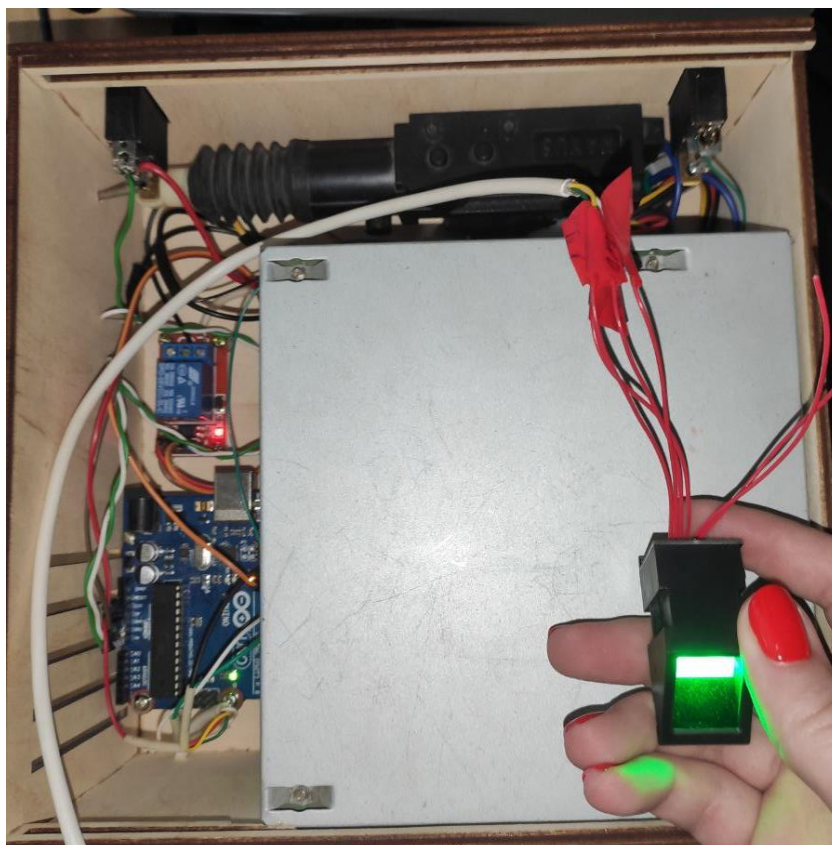


Рис. 2.37 Система у ввімкненому стані. Початковий стан електроприводу

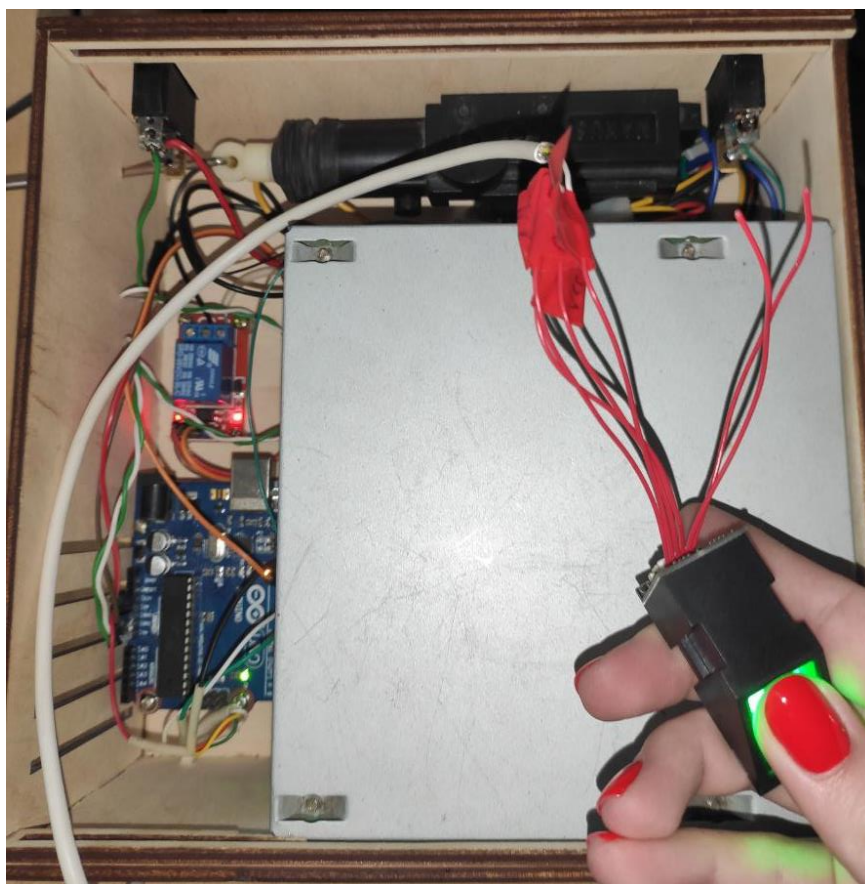


Рис. 2.38 Система при знаходженні поточного відбитка у пам'яті сканера. Стан електроприводу при замиканні реле

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		59

При відсутності у пам'яті сканера зразка поточного відсканованого відбитка пальця нічого не відбувається, що відповідає вимогам до роботи системи.

Проведені вище дослідження демонструють, що система працює коректно та ефективно, відповідно поставленій задачі.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
						60
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Метою даного дипломного проекту було створення системи автоматизації та контролю доступу на основі дактилоскопічного датчику із пам'яттю не менше ніж 100 відбитків.

Був проведений огляд та аналіз існуючих технологій дактилоскопічних датчиків, сучасних моделей сканерів відбитків пальців та обран оптичний датчик відбитків пальців, який є оптимальним для використання оскільки його характеристики задовольняють вимогам системи, а саме по вартості, швидкості розпізнавання, надійності.

У ході роботи була створена система контролю доступу на основі оптичного сканеру відбитків пальців Fmp10a та керуючого контролера на платформі Arduino Uno. Відкриття дверного замка відбувається з використанням електроприводу. Для керування роботою системи було розміщено відповідні перемикачі на верхній панелі корпусу. У перспективі пропонується додати інформаційний екран для відображення повідомлень задля покращення взаємодії з користувачем.

Була розроблена модель корпусу для створення якої використано програмний пакет SolidWorks. Корпус був створений з фанери 4 мм використовуючи лазерний станок з ЧПК.

Проведено огляд методів запису та пошуку відбитків пальців, а саме використання спеціального програмного забезпечення SFG Demo та використовуючи Arduino IDE. Розроблено програмне забезпечення мікроконтролера. Прошивка була зроблена використовуючи Arduino IDE та функціонал бібліотеки Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library. Прошивка реалізує роботу системи у двох режимах «Робота» та «Навчання».

В ході перевірки працездатності була встановлено, що система є ефективною та працездатною і функціонує відповідно вимогам початкової задачі.

Проект містить структурні, електричні та принципові схеми, складальне креслення, деталювання, 3D модель корпусу.

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Відбиток пальців // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1998 — 2004. —  
<http://cyclop.com.ua/content/view/997/58/1/13/#24694>
- [2] Папілярні лінії та візерунки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2002. — Т. 4 : Н — П. — 720 с. —  
[http://leksika.com.ua/18540516/legal/papilyarni\\_liniiyi\\_ta\\_vizerunki](http://leksika.com.ua/18540516/legal/papilyarni_liniiyi_ta_vizerunki)
- [3] Fingerprint Verification vs. Fingerprint Identification [Електронний ресурс] / 2015 - 2019. - <https://www.touchngoid.com/fingerprint-verification-vs-fingerprint-identification/>
- [4] Fingerprint scanner – Wikipedia [Електронний ресурс] / 06.04.2020. — [https://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint\\_scanner](https://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint_scanner)
- [5] Дактилоскопические сканеры — Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия — стаття [Електронний ресурс]. — <https://megabook.ru/article/Дактилоскопические%20сканеры>
- [6] Сканеры отпечатков пальцев [Електронний ресурс]. — <http://fingerprint.com.ua/article/reader.htm>
- [7] Fingerprint Scanners 101: Capacitive vs. Optical vs. Ultrasonic [Електронний ресурс] / 31.12.2019. — <https://www.konsyse.com/articles/fingerprint-scanners-101-capacitive-vs-optical-vs-ultrasonic/>
- [8] Датчик отпечатков пальцев R307 и Arduino [Електронний ресурс] — <http://www.electronica52.in.ua/proekty-arduino/datchik-otpechatkov-palcev-i-arduino->
- [9] Arduino Uno | Аппаратная платформа Arduino [Електронний ресурс] — <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
- [10] Uno Платы Ардино [Електронний ресурс] — <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>

- [11] Принцип действия [Электронный ресурс] — <http://principact.ru/content/view/107/114/>
- [12] Центральный замок – назначение, устройство, принцип работы [Электронный ресурс] — [http://systemsauto.ru/electric/central\\_lock.html](http://systemsauto.ru/electric/central_lock.html)
- [13] Центральный замок автомобиля: устройство и принцип работы [Электронный ресурс] — <https://auto.today/bok/2930-ustroystvo-centralnogo-zamka-kak-on-otkryvaet-vse-dveri.html>
- [14] SolidWorks – Вікіпедія [Електронний ресурс] / 19.03.2020. — <https://uk.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- [15] Принцип действия и основные типы лазерных станков с ЧПУ [Электронный ресурс] — <https://infolaser.ru/stati/printsip-dejstviya-i-osnovnye-tipy-lazernykh-stankov-s-chpu>
- [16] Мірошніченко Е. А. Технології програмування: навчальний посібник / Е. А. Мірошніченко. — 2-е изд., испр. і дод. — Томськ: Изд-во Томського політехнічного університету, 2008. — 128 с.
- [17] Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко ; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д. : Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.
- [18] Програматор – Вікіпедія [Електронний ресурс] / 27.05.2020. — <https://uk.wikipedia.org/wiki/Програматор>
- [19] Arduino IDE – Википедия [Электронный ресурс] — [https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino\\_IDE](https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE)
- [20] Датчик отпечатков пальцев и Arduino||Arduino-diy.com [Электронный ресурс] — <http://arduino-diy.com/arduino-datchik-otpechatka-paltsa>

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Програма системи контролю

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
SoftwareSerial mySerial(8, 9);
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
uint8_t id;
void setup()
{
  finger.begin(57600);
  pinMode(12, OUTPUT);
  digitalWrite(12, 0);
  pinMode(6, INPUT_PULLUP);
}
void loop()
{
  digitalWrite(12, 0);
  int modeVal = digitalRead(6);
  if (modeVal) {
    finger.getTemplateCount();
    id = finger.templateCount + 1;
    while (! getFingerprintEnroll() );
  }
  else if (modeVal == 0) {
    uint8_t i = getFingerprintIDez();
    delay(50);
    if (i > 0 && i < 255) {
      digitalWrite(12, 1);
      delay(2000);
    }
    else {
      digitalWrite(12, 0);
    }
  }
}
int getFingerprintIDez() {
  uint8_t p = finger.getImage();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
  p = finger.image2Tz();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
  p = finger.fingerFastSearch();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
  return finger.fingerID;
}
```

					ДП ПГ 6104.1730.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



```

uint8_t getFingerprintEnroll() {
    int p = -1;
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
    }
    p = finger.image2Tz(1);
    if (p != FINGERPRINT_OK) {
        return p;
    }
    delay(2000);
    p = 0;
    while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
        p = finger.getImage();
    }
    p = -1;
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
    }
    p = finger.image2Tz(2);
    if (p != FINGERPRINT_OK) {
        return p;
    }
    p = finger.createModel();
    if (p != FINGERPRINT_OK) {
        return p;
    }
    p = finger.storeModel(id);
    if (p == FINGERPRINT_OK) {
        digitalWrite(12, 1);
        delay(2000);
    } else {
        return p;
    }
}

```